

PAT-NO: JP407297173A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 07297173 A  
TITLE: METHOD AND APPARATUS FOR MANUFACTURE OF  
SEMICONDUCTOR  
DEVICE  
PUBN-DATE: November 10, 1995

INVENTOR-INFORMATION:  
NAME  
HIKOSAKA, YUKINOBU

ASSIGNEE-INFORMATION:  
NAME FUJITSU LTD COUNTRY N/A

APPL-NO: JP06082944

APPL-DATE: April 21, 1994

INT-CL (IPC): H01L021/3065, C23F004/00 , H01L021/205

ABSTRACT:

PURPOSE: To optimally execute process conditions by a method wherein either the degree of dissociation of a treatment gas or the evacuation rate of the gas is changed in such a way that the density of radicals in a plasma generated inside a reaction container becomes a prescribed value.

CONSTITUTION: A treatment gas (a parent gas) which generates a plasma inside a reaction container 10 is introduced from a gas introduction means 25, radicals are generated by high-frequency electric power or the like, and the gas and the radicals inside the reaction container 10 are evacuated from a gas evacuation means 12. The reaction container 10 is provided with a mass spectrograph 19, and the density of parent-gas molecules and of the

radicals is measured. Then, either the rate of dissociation of the treatment gas or the evacuation rate of the gas inside the reaction container 10 is changed in such a way that the density of the radicals becomes a prescribed value. The rate of dissociation of the parent gas is changed by changing a gas pressure, a discharge voltage or the like. The evacuation of the gas inside the reaction container 10 is changed by adjusting a gate valve 13.

COPYRIGHT: (C)1995, JPO

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-297173

(43)公開日 平成7年(1995)11月10日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号 庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 01 L 21/3065

C 23 F 4/00

H 01 L 21/205

D 8417-4K

H 01 L 21/ 302

A

B

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 8 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号

特願平6-82944

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

(22)出願日 平成6年(1994)4月21日

(72)発明者 彦坂 幸信

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(74)代理人 弁理士 高橋 敬四郎

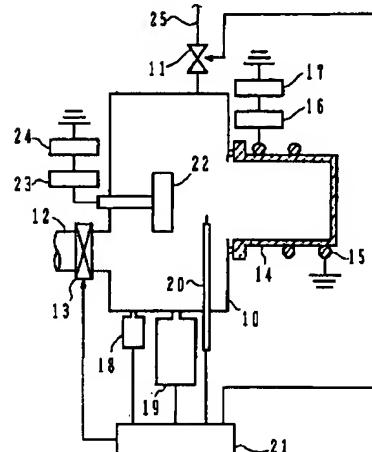
(54)【発明の名称】 半導体装置の製造方法と製造装置

(57)【要約】

【目的】 半導体装置の製造におけるプロセス特性に影響を与える物理定数を直接測定して最適なプロセス条件を見い出し、最適なプロセス条件でプロセスを実行する半導体装置の製造技術を提供することである。

【構成】 真空排気可能な反応容器内に処理対象基板を配置する工程と、前記反応容器内に処理ガスを導入し、プラズマを発生することにより、該処理ガスの分子を解離してラジカルを生成する工程と、前記反応容器内に発生したプラズマ中のラジカルの密度を測定する工程と、前記ラジカルの密度が所定の値になるように、前記処理ガスの解離率、及び前記反応容器内のガスの排気速度からなる群のうち少なくとも一つのものを変化させる制御工程とを含む。

実施例



10:反応容器

17,24:RF発振器

11:マスフローコントローラ

18:圧力測定器

12:ガス排気手段

19:質量分析器

13:ゲートバルブ

20:ラングミュアプローブ

14:石英容器

21:創設装置

15:RFアンテナ

22:基板ホルダ

16,23:インピーダンスマッチング回路

25:ガス導入手段

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 真空排気可能な反応容器内に処理対象基板を配置する工程と、

前記反応容器内に処理ガスを導入し、プラズマを発生することにより、該処理ガスの分子を解離してラジカルを生成する工程と、

前記反応容器内に発生したプラズマ中のラジカルの密度を測定する工程と、

前記ラジカルの密度が所定の値になるように、前記処理ガスの解離率、及び前記反応容器内のガスの排気速度からなる群のうち少なくとも一つのものを変化させる制御工程とを含む半導体装置の製造方法。

【請求項2】 さらに、前記ラジカルにより、前記処理対象基板の表面の少なくとも一部をエッティングする工程を含む請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項3】 真空排気可能な反応容器と、

前記反応容器内に所定の流量で処理ガスを導入するためのガス導入手段と、  
前記反応容器内にプラズマを発生するためのプラズマ発生手段と、

前記反応容器内のガスを排気するための、排気速度可変のガス排気手段と、

前記反応容器内の圧力を測定するための圧力測定手段と、

前記反応容器内の前記処理ガスの密度、及び前記処理ガスの分子が解離して生成したラジカルの密度を測定するための密度測定手段と、

前記圧力測定手段により測定された圧力、前記密度測定手段により測定された処理ガス及びラジカルの密度が入力され、前記反応容器内のラジカルの密度が所定の値になるように、前記反応容器内の圧力を所定の値に維持しつつ前記ガス導入手段のガス流量と前記ガス排気手段の排気速度とを調整する制御手段とを含む半導体装置の製造装置。

【請求項4】 さらに、前記反応容器内に設けられた処理対象基板を配置するための基板ホルダと、

前記基板ホルダに高周波電力を印加するための高周波発振器とを含む請求項3記載の半導体装置の製造装置。

【請求項5】 真空排気可能な反応容器と、

前記反応容器内に所定の流量で処理ガスを導入するためのガス導入手段と、

前記反応容器内にプラズマを発生するためのプラズマ発生手段と、

前記反応容器内のガスを排気するための、排気速度可変のガス排気手段と、

前記反応容器内の圧力を測定するための圧力測定手段と、

前記反応容器内の前記処理ガスの密度、及び前記処理ガスの分子が解離して生成したラジカルの密度を測定するための密度測定手段と、

前記反応容器内に発生したプラズマ中の電子密度及び電子温度を測定するための電子状態測定手段とを含むリサイクリング係数測定装置。

【請求項6】 前記電子状態測定手段はラングミュアプローブであり、前記密度測定手段は4重極質量分析器である請求項5記載のリサイクリング係数測定装置。

【請求項7】 真空排気可能な反応容器内にプラズマを発生するための処理ガスを導入し、プラズマを発生することにより、前記処理ガス分子を解離してラジカルを生成する場合に、リサイクリング係数を、ラジカルが前記反応容器の内壁で反応して処理ガス分子になりプラズマ中に戻る確率と定義したときに、処理ガス分子の解離率、前記反応容器内のガスの排気速度、プラズマ中の電子密度及び電子温度を測定し前記リサイクリング係数を求めるリサイクリング係数測定方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体装置の製造技術に関し、特にプラズマ中に生成したラジカルによって半導体基板表面に処理を施す半導体装置の製造技術に関する。

## 【0002】

【従来の技術】プラズマを用いる半導体装置の製造プロセスでは、プラズマ中に生成する種々のラジカルが重要な役割を果たす。従って、製造プロセスにおけるエッチング速度、エッティング選択比等のプロセス特性を向上させるためには、プラズマ中のラジカル密度を制御することが重要となる。

【0003】従来は、直接ラジカル密度を測定することなく、ガス圧、放電電圧等の外部パラメータを変えることによって間接的にラジカル密度を制御していた。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】従来の、ガス圧、放電電圧等の外部パラメータを制御する方法は経験的なものであり、適切な条件を見つけるには種々のパラメータで実験を繰り返し行わなければならない。例えば、製造装置が異なれば最適な外部パラメータも異り、製造装置ごとに最適な外部パラメータを試行錯誤により求めなければならない。

【0005】本発明の目的は、半導体装置の製造におけるプロセス特性に影響を与える物理定数を直接測定して最適なプロセス条件を見い出し、最適なプロセス条件でプロセスを実行する半導体装置の製造技術を提供することである。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の半導体装置の製造方法は、真空排気可能な反応容器内に処理対象基板を配置する工程と、前記反応容器内に処理ガスを導入し、プラズマを発生することにより、該処理ガスの分子を解離してラジカルを生成する工程と、前記反応容器内に発

生したプラズマ中のラジカルの密度を測定する工程と、前記ラジカルの密度が所定の値になるように、前記処理ガスの解離率、及び前記反応容器内のガスの排気速度からなる群のうち少なくとも一つのものを変化させる制御工程とを含む。

#### 【0007】

【作用】反応容器内のラジカルの密度は、処理ガスの解離率、及び前記反応容器内のガスの排気速度の変化に影響される。従って、これらのパラメータを変化させることにより、ラジカルの密度が所望の値になるように制御することができる。

【0008】プラズマを用いる半導体プロセスにおいては、ラジカルの密度が重要な役割を果たす。ラジカルの密度を所望の値に制御することにより、所望の条件で半導体プロセスを実行することができる。

#### 【0009】

【実施例】まず、図1を参照してプラズマ中のラジカルの密度に影響を与えると思われるパラメータについて説明する。

#### 【0010】反応容器1内に、プラズマを発生するため\*

$$Q/V - N/\tau_{res} - N/\tau_{dis} = 0 \quad \dots (1)$$

の関係が成立する。ここで、Qは単位時間あたり反応容器1内に導入される親ガスの分子数、Vは反応容器1の容積、Nは反応容器1内の親ガスの密度（単位体積あたりの分子数）、 $\tau_{res}$ は平均排気時間、 $\tau_{dis}$ は平均解離時間を表す。

#### 【0013】すなわち、式(1)の左辺第1項は反応容

$$\tau_{res} = V/S \quad \dots (2)$$

と表される。ここで、Sは排気手段3から単位時間あたり排気されるガスまたはラジカルの体積（排気速度）を表す。

$$Q/V - N_0/\tau_{res} = 0 \quad \dots (3)$$

の関係が成り立つ。また、放電後の親ガスの密度を $N_1$ とするとき、

$$Q/V - N_1/\tau_{res} - N_1/\tau_{dis} = 0 \quad \dots (4)$$

の関係が成り立つ。

#### 【0016】プラズマによる親ガスの解離率を $\gamma$ とする◆

$$\gamma = 1 - N_1/N_0 \quad \dots (5)$$

と表される。式(3)～式(5)から $\tau_{dis}$ を求める

$$\tau_{dis} = \tau_{res} \times (1 - \gamma) / \gamma \quad \dots (6)$$

となる。式(6)に式(2)を代入すると、

$$\tau_{dis} = (V/S) \times (1 - \gamma) / \gamma \quad \dots (7)$$

となる。従って、平均解離時間 $\tau_{dis}$ は、反応容器1の容積V、排気速度S、解離率 $\gamma$ を測定すれば、実験的に求めることができる。解離率 $\gamma$ は、例えば、反応容器に質量分析器を備えつけ、親ガス分子と主なラジカルの密度を測定し、ラジカルは親ガスから発生したものである※

$$Q/V - N/\tau_{res} - N/\tau_{dis} + q_s = 0 \quad \dots (8)$$

と書き直すことができる。 $\tau_{dis}^*$ は、親ガスが電子衝突により解離される正味の平均解離時間であり、

$$\tau_{dis}^* = 1 / (n_e \sigma_d v) \quad \dots (9)$$

と表される。ここで、 $n_e$ は電子密度、 $\sigma_d$ は親ガスの $\sigma_d$ 解離断面積、vは電子速度を表す。また、記号<>

\*の処理ガス（以下、親ガスという）が、ガス導入手段2から導入される。また、ガス排気手段3から反応容器1内のガス及びラジカルが排気される。反応容器1内では、高周波電力等により親ガス分子が電離し電子が発生する。この電子が高周波電力等の電界により加速されて親ガス分子に衝突し、親ガス分子が解離してラジカルが発生する。発生したラジカルは、反応容器1の内壁に衝突し、一部はそのまま跳ね返り、一部は表面反応により親ガス分子に戻る。

10 【0011】図1は、反応容器1内にCF<sub>4</sub>ガスを導入する場合を示す。反応容器1内に導入されたCF<sub>4</sub>ガス分子は、プラズマ中の電子と衝突して解離し、CF<sub>x</sub>ラジカル（xは1～3の整数）が生成される。CF<sub>x</sub>ラジカルの一部は、反応容器1の内壁に衝突する。また、その一部は、内壁での表面反応によりCF<sub>4</sub>分子となってプラズマ中に戻される。

【0012】次に、この過程を定量的に考察する。プラズマ中の親ガスの量は、定常状態では、粒子保存則が成り立つため、

※器1内に単位時間単位体積あたり導入される親ガスの分子数、第2項は排気手段3から排気される親ガスの分子数、第3項は解離によって失われる親ガスの分子数を表している。

【0014】なお、平均排気時間 $\tau_{res}$ は、

$$\dots (2)$$

★【0015】放電前は、式(1)の左辺第3項が0であり、放電前の親ガスの密度を $N_0$ とすると、

★

$$\dots (3)$$

★とすると、式(1)から、

$$\dots (4)$$

◆と、 $\gamma$ は、

$$\dots (5)$$

$$\dots (6)$$

$$\dots (7)$$

※と仮定して、式(5)から求めることができる。

【0017】親ガスの解離により生じたラジカルが反応容器1の内壁に衝突し、単位時間単位体積あたり親ガスとしてプラズマ内に戻される親ガス分子数（再生量）を $q_s$ とすると、式(1)は、

$$\dots (8)$$

★とすると、式(1)は、

$$\dots (9)$$

は、平均を表す。すなわち、 $\langle \sigma_d v \rangle$ は、 $\sigma_d v$ に電子速度の規格化分布関数を乗じて全電子速度範囲で積分した値である。

【0018】なお、式(1)の $\tau_{dis}$ は、親ガスが解離されて親ガスの分子数が減少する過程と、ラジカルが反応容器1の内壁に衝突して親ガス分子に戻り親ガスの分子数が増加する過程の両方を考慮した見かけ上の平均解離時間である。

【0019】電子速度v及び親ガスの解離断面積 $\sigma_d$ は、電子エネルギーの関数である。従って、 $\langle \sigma_d v \rangle$ は、 $\sigma_d v$ に電子エネルギーの規格化分布関数を乗じて、全エネルギー範囲で積分することにより求めることができる。プラズマ中の電子エネルギーは、マクスウェルーポルツマン分布となるため、電子温度を測定することにより\*

$$f(\epsilon) = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{1}{(kT_e)^{1/2}} \cdot \sqrt{\epsilon} \cdot \exp\left(-\frac{\epsilon}{kT_e}\right)$$

【0024】と表される。ここで、kはボルツマン定数、 $T_e$ は電子温度を表す。従って、親ガスの解離断面積 $\sigma_d$ が既知であれば、電子密度 $n_e$ と電子温度 $T_e$ を測定することにより、正味の平均解離時間 $\tau_{dis}^*$ を式

$$q_s = R \times N / \tau_{dis}^*$$

と表される。以下、Rをリサイクリング係数と呼ぶ。

【0026】リサイクリング係数Rを用いると、式

$$Q/V - N / \tau_{res} - N \times (1-R) / \tau_{dis}^* = 0 \quad \dots (11)$$

と変形される。

$$\tau_{dis} = \tau_{dis}^* / (1-R) \quad \dots (12)$$

の関係が得られる。

【0028】式(6)と式(9)を式(12)に代入

$$R = 1 - 1 / (n_e \langle \sigma_d v \rangle) \times \gamma / (1-\gamma) \times S / V \quad \dots (13)$$

と表される。従って、親ガスの解離率 $\gamma$ 、排気速度S、電子密度 $n_e$ 、電子温度 $T_e$ を測定することにより、リ

サイクリング係数Rを求めることができる。

$$G_r - N_r / \tau_{res} - N_r / \tau_{dis} - N_r / \tau_s - N_r / \tau_g = 0$$

$$\dots (14)$$

の関係が成り立つ。ここで、 $G_r$ は単位時間単位体積あたり解離により生成されるラジカルrの粒子数(ラジカル

$$\tau_s = 4 / (s \cdot v_r) \times V / A$$

$$\tau_g = 1 / (R_m \cdot N_m)$$

と表される量である。ここで、sは表面損失係数、 $v_r$ はラジカルrの熱速度、Aは反応容器1内面の表面積、 $N_m$ はラジカルrと反応する分子Mの密度、 $R_m$ はラジカルrと分子Mとの反応係数である。

【0030】すなわち、式(14)の左辺の第2項は排気手段3から排気されるラジカルrの粒子数、第3項はラジカルrがさらに解離して他のラジカルになることに★

$$G_r = N \times (1-R) / \tau_{dis}^*$$

と表される。

【0032】ラジカルrの消滅の支配的要因が反応容器☆

$$G_r - N_r / \tau_s = 0$$

\* 規格化分布関数を定めることができる。

【0020】すなわち、電子エネルギーを $\epsilon$ とすると、

【数1】

$$\langle \sigma_d v \rangle = \int_0^\infty \left( \frac{2\epsilon}{m_e} \right)^{1/2} f(\epsilon) \sigma_d(\epsilon) d\epsilon$$

【0022】と表される。ここで、 $m_e$ は電子の質量、

10  $f(\epsilon)$ は規格化マクスウェルーポルツマン分布関数であり、

【0023】

【数2】

※(9)から求めることができる。

【0025】電子衝突によって生じるラジカルのR倍が反応容器1の内壁に衝突して親ガスとしてプラズマ中に戻されるとすると、再生量 $q_s$ は、

$$\dots (10)$$

★(8)は、

☆☆【0027】式(1)と式(11)から、

◆し、式(2)を用いて $\tau_{res}$ を消去すると、リサイクリング係数Rは、

$$R = 1 - 1 / (n_e \langle \sigma_d v \rangle) \times \gamma / (1-\gamma) \times S / V \quad \dots (13)$$

\*【0029】プラズマ中のラジカルrの密度を $N_r$ とす

ると、

$$\dots (15)$$

$$\dots (16)$$

※ルrの生成量)を表す。また、 $\tau_s$ は平均表面損失時間、 $\tau_g$ は平均気相損失時間であり、それぞれ、

$$\dots (15)$$

$$\dots (16)$$

40★より失われる粒子数、第4項はラジカルrが反応容器1の内壁に衝突することによって消滅する粒子数、第5項はラジカルrがプラズマ中の気相反応により消滅する粒子数を表す。

【0031】ラジカルrの生成量 $G_r$ は、式(11)の左辺第3項に等しいため、

$$\dots (17)$$

☆1の内壁への衝突によるものとすると、式(14)は、

$$\dots (18)$$

7

と近似される。従って、ラジカル $N_r$  は、

$$N_r = G_r \times \tau_s$$

と表される。

$$N_r = N \times (1 - R) / \tau_{dis} \times \tau_s \quad \dots (19)$$

となり、さらに、式(9)と式(13)を代入すると、

$$N_r = N \times r / (1 - r) \times S / V \times \tau_s \quad \dots (20)$$

となる。

【0034】式(20)から、リサイクリング係数Rを小さくすると、プラズマ中のラジカル密度が増加することが推測できる。また、式(13)から、リサイクリング係数Rは排気速度に依存することが推測できる。すなわち、排気速度Sを増加すると、リサイクリング係数Rが減少し、ラジカルが内壁での表面反応により消滅する割合が少なくなる。このため、式(21)に示すおり、排気速度Sの増加に伴いラジカル密度 $N_r$ も増加する。また、親ガスの解離率 $\gamma$ を変化させることにより、ラジカル密度 $N_r$ を変化させることができる。親ガスの解離率 $\gamma$ は、ガス圧、放電電圧等を変えることにより変化させることができる。

【0035】図2は、本発明の実施例によるプラズマ処理装置のブロック図を示す。反応容器10の開口部に円筒状の石英容器14が取り付けられ、反応容器10と石英容器14の内部は連続した気密空間とされている。

【0036】また、反応容器10には、ゲートバルブ13を介してガス排気手段12が設けられており、内部のガスを排気することができる。ゲートバルブ13を調整することにより、ガス排気速度を制御することができる。さらに、反応容器10には、マスフローコントローラ11を介してガス導入手段25が設けられており、所定流量のガスを反応容器10内に導入することができる。

【0037】石英容器14の側面には、2巻のRFアンテナ15が巻かれている。RFアンテナ15には、13.56MHzのRF発振器17からインピーダンスマッチング回路16を介して高周波電力が印加される。RFアンテナ15に高周波電力を印加することにより、石英容器14内に誘導結合性のプラズマを発生することができる。

【0038】反応容器10内の石英容器14と対向する位置に、基板ホルダ22が配置されている。基板ホルダ22には、RF発振器24からインピーダンスマッチング回路23を介して高周波電力が供給される。

【0039】反応容器10には、内部の圧力を測定するための例えばバラトロン等の圧力測定器18、内部のガスの分子（ラジカル）、原子の種類と密度を測定するための例えば四重極の質量分析器19、及びラングミュアプローブ20が取り付けられている。ラングミュアプローブ20の先端は、基板ホルダ22と石英容器14との中間に位置している。ラングミュアプローブ20に電圧を印加し、この電圧を変化させて電流電圧特性を測定す

8

\* \* 【0033】式(17)を式(19)に代入すると、

$$\dots (21)$$

※ことにより、反応容器10内の電子密度及び電子温度を求めることができる。

【0040】圧力測定器18、質量分析器19及びラングミュアプローブ20は、制御装置21に接続されている。制御装置21は、反応容器10内のガス圧、電子密度、電子温度、所定分子及びラジカルの密度を検出する。また、制御装置21は、ゲートバルブ13に接続されており、ゲートバルブ13の開閉を制御することによりガス排気手段12による排気速度を所望の値に設定することができる。さらに、制御装置21は、マスフローコントローラ11に接続されており、反応容器10内へのガスの導入量を調節することができる。排気速度の変化に応じてガス導入量を変化することにより、反応容器10内を所定の圧力に維持することができる。

【0041】次に、図2のプラズマ処理装置を用いてSiO<sub>2</sub>膜のエッティングを行う方法について説明する。表面にSiO<sub>2</sub>膜が形成されたSi基板を基板ホルダ22に取り付ける。基板ホルダ22は、冷却されており、ほぼ室温に維持される。マスフローコントローラ11からCF<sub>4</sub>ガスを30sccm、H<sub>2</sub>ガスを30sccmの流量で反応容器10内に導入する。反応容器10内の圧力が10mTorrになるようにゲートバルブ13を調整する。

【0042】RF発振器17からRFアンテナ15に周波数13.56MHz、電力1000Wの高周波電力を印加する。これにより、石英容器14内に誘導結合性プラズマが生成される。

【0043】基板ホルダ22に、RF発振器24から13.56MHzの高周波電力を印加する。この結果、基板ホルダ22に-200Vの自己バイアス電圧が発生する。石英容器14内に生成したプラズマ中のラジカルが基板ホルダ22に取り付けられた処理基板上に移送され、SiO<sub>2</sub>膜をエッティングする。

【0044】図3(A)は、ガス圧を10mTorr一定としたときの排気速度とCF<sub>4</sub>密度との関係を示す。横軸は排気速度を単位liter/secで表し、縦軸はCF<sub>4</sub>密度を単位個/cm<sup>3</sup>で表す。図3(A)に示すように、排気速度を50liter/secから150liter/secに増加すると、CF<sub>4</sub>密度は約7×10<sup>11</sup>個/cm<sup>3</sup>から約2×10<sup>12</sup>個/cm<sup>3</sup>まで単調に増加する。

【0045】これは、式(21)により示されたラジカル密度 $N_r$ と排気速度Sとの関係に整合する。このことから、CF<sub>4</sub>ラジカルの消滅過程は反応容器10の内壁

に衝突することによる表面反応が支配的であると考えることができる。

【0046】式(13)に示すように、排気速度Sを変化させることは、リサイクリング係数Rを変化させることに対応する。すなわち、リサイクリング係数Rを変化させることによってラジカルの密度を制御できるものと考えられる。また、親ガスの解離率、プラズマ中の電子密度もしくは電子温度を変化させることによってモリサイクリング係数Rを変化させることができる。従って、これらのパラメータを変化させてラジカルの密度を制御することもできる。

【0047】親ガスの解離率、プラズマ中の電子密度もしくは電子温度は、ガス圧及び放電電圧等を変えることにより、変化させることができる。図3(B)は、排気速度とSiに対するSiO<sub>2</sub>のエッチング選択比との関係を示す。横軸は排気速度を単位1/sで表し、縦軸はSiに対するSiO<sub>2</sub>のエッチング選択比を表す。排気速度が501/sのときは、選択比は約1.5であり、排気速度を増加するに伴って選択比も増加し、排気速度が1501/sのとき選択比は約3となる。このように、排気速度を変化させることによりエッチング選択比を変化させることができる。

【0048】図4は、上記実施例によるプラズマ処理装置でMOSFETの層間絶縁膜にコンタクトホールを形成する場合の基板の断面図を示す。シリコン基板100の表面にn形ウェル111が形成されており、n形ウェル111表面にフィールド酸化膜102によって活性領域が画定されている。p<sup>+</sup>型ソース領域103、p<sup>+</sup>型ドレイン領域104及びゲート電極107からなるMOSFETがn型ウェル111内に形成されている。基板表面及びゲート電極を覆うように層間絶縁膜108が形成されている。層間絶縁膜108上には、ソース領域103、ドレイン領域104及びゲート電極107から配線を引き出すためのコンタクトホールを形成すべき領域に開口を有するレジストパターン109が形成されている。

【0049】レジストパターン109が形成された基板を図2に示すプラズマ処理装置の基板ホルダ22に取り付ける。所定の条件でプラズマを発生し、レジストパターン109をマスクとして層間絶縁膜108を選択的にエッチングする。このとき、層間絶縁膜108直下のシリコン基板及びポリシリコン等のゲート電極をエッチングしないようにするためにには、SiO<sub>2</sub>とSiのエッチング選択比が大きくなる条件でエッチングすることが好ましい。その後、電極、カバー膜等を形成してMOSFETを完成させる。

【0050】上記実施例では、電子密度及び電子温度をラングミュアプローブで測定する場合について説明したが、他の方法で測定してもよい。例えば、電子温度を発光分光法により、電子密度をマイクロ波干渉法によ

り測定してもよい。

【0051】また、上記実施例では、RFアンテナに高周波電力を印加して誘導結合型プラズマを発生する場合について説明したが、その他の方法でプラズマを発生してもよい。例えば、平行平板に高周波電力を印加する方法、電子サイクロトロン共鳴を利用してプラズマを発生する方法を用いてもよい。また、ヘリコン波プラズマ装置を用いてもよい。

【0052】また、上記実施例では、CF<sub>4</sub>ガスを使用してプラズマを発生する場合について説明したが、他のC<sub>2</sub>F<sub>6</sub>、C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>等のCとFを主成分とするガスを用いてもよい。さらに、CHF<sub>3</sub>、CH<sub>2</sub>F<sub>2</sub>を用いてもよい。

【0053】また、上記実施例では、プラズマを用いてエッチングする場合について説明したが、他のプラズマを用いた半導体プロセスに適用することもできる。例えば、プラズマCVD、プラズマアッシング、プラズマ洗浄等に適用することができる。

【0054】以上実施例に沿って本発明を説明したが、本発明はこれらに制限されるものではない。例えば、種々の変更、改良、組み合わせ等が可能なことは当業者に自明であろう。

#### 【0055】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、プラズマを用いた半導体プロセスにおいて、ラジカルの密度を制御し所望の条件で半導体プロセスを実行することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】反応容器内のラジカルの発生、消滅過程を説明するための図である。

【図2】本発明の実施例による半導体装置の製造装置のブロック図である。

【図3】本発明の実施例による半導体装置の製造装置を用い、排気速度を変化させたときのCF<sub>2</sub>濃度及びSiに対するSiO<sub>2</sub>のエッチング選択比を示すグラフである。

【図4】本発明の実施例によるエッチング方法でMOSFETの層間絶縁膜をエッチングする工程を説明するためのMOSFETの断面図である。

#### 【符号の説明】

- 1 反応容器
- 2 ガス導入手段
- 3 ガス排気手段
- 10 反応容器
- 11 マスフローコントローラ
- 12 ガス排気手段
- 13 ゲートバルブ
- 14 石英容器
- 15 RFアンテナ
- 16, 23 インピーダンスマッチング回路

11

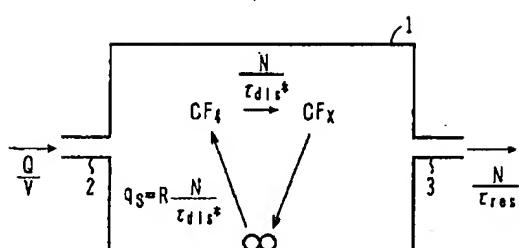
- 17、24 RF発振器  
 18 圧力測定器  
 19 質量分析器  
 20 ラングミュアプローブ

12

- 21 制御装置  
 22 基板ホルダ  
 25 ガス導入手段

【図1】

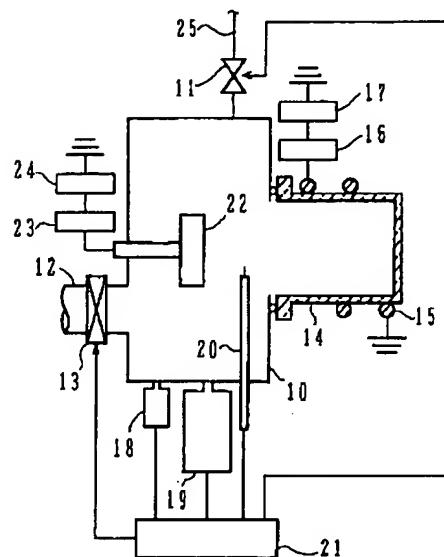
ラジカルの発生、消滅過程



- 1:反応容器  
 2:ガス導入手段  
 3:ガス排気手段

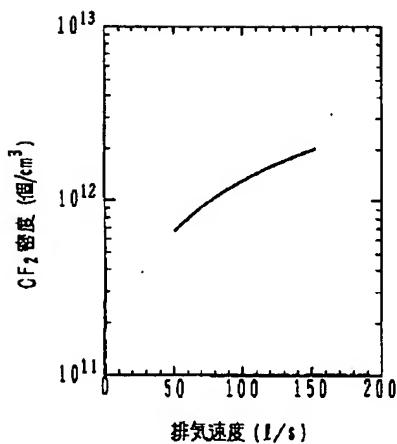
【図2】

実施例

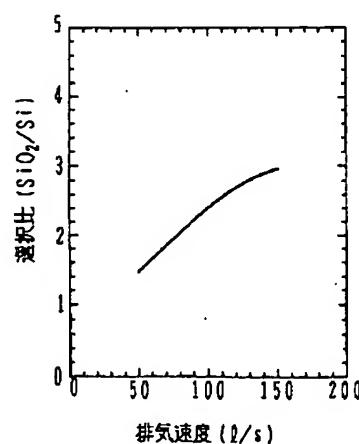


- |                      |               |
|----------------------|---------------|
| 10:反応容器              | 17.24:RF発振器   |
| 11:マスフローコントローラ       | 18:圧力測定器      |
| 12:ガス排気手段            | 19:質量分析器      |
| 13:ゲートバルブ            | 20:ラングミュアプローブ |
| 14:石英窓               | 21:制御装置       |
| 15:RFTアンテナ           | 22:基板ホルダ      |
| 16,23:インピーダンスマッチング回路 | 25:ガス導入手段     |

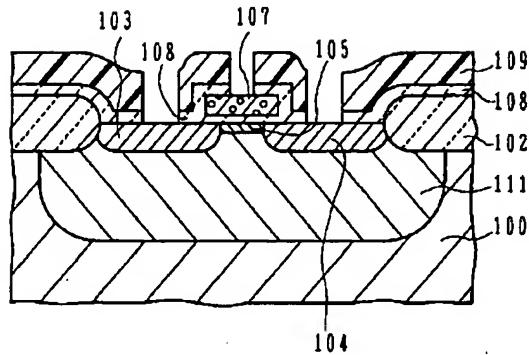
【図3】

(A) CF<sub>2</sub>濃度

(B) 遷移比



【図4】



- 100:シリコン基板  
 102:フィールド酸化膜  
 103:ソース領域  
 104:ドレイン領域  
 105:チャネル領域  
 107:ゲート領域  
 108:層間絶縁膜  
 109:レジストパターン  
 111:U型ウェル

フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

識別記号 庁内整理番号

F I

H O 1 L 21/302

技術表示箇所

E